云 南 植 物 研 究　2003，25（2）：173～180
Acta Botanica Yunnanica

长湖水生植物多样性及其变化*

彭映辉[1]，简永兴[2]，倪乐意[3]，王建波[2]，陈家宽[4]
（1 中南林学院生命科学与技术学院，湖南 长沙　410004；2 武汉大学生命科学学院，湖北 武汉　430072；
3 中国科学院水生生物研究所，湖北 武汉　430072；4 复旦大学生物多样性科学研究所，上海　200433）

摘要：研究了湖北省第三大湖泊长湖水生植物多样性的现状及其长期变化，并探讨了多样性丧失的机理及多样性恢复与保护的有效途径。主要结论：（1）长湖现有水生植物98种，多度最大的是微齿眼子菜（*Potamogeton maackianus*）、密齿苦草（*Vallisneria denseserrulata*）、野菱（*Trapa incisa*）、双角菱（*T. bispinosa*）、菹草（*Potamogeton crispus*）、紫萍（*Spirodela polyrhiza*）、穗花狐尾藻（*Myriophyllum spicatum*）、轮叶黑藻（*Hydrilla verticillata*）、满江红（*Azolla imbricata*）。（2）长湖现有水生植物群丛类型14个，群落物种多样性指数最高的是芡实＋野菱＋双角菱群丛（*Euryale ferox* + *Trapa incisa* + *T. bispinosa* Ass.），其次为轮叶黑藻＋密齿苦草＋大茨藻群丛（*Hydrilla verticillata* + *Vallisneria denseserrulata* + *Najas marioa* Ass.）与竹叶眼子菜＋穗花狐尾藻群丛（*Potamogeton malaianus* + *Myriophyllum spicatum* Ass.）。（3）20年来，已有6种水生植物和7个水生植物群丛类型从长湖消失，植被覆盖率下降了54.85%，全湖平均单位面积生物量下降了69.78%。（4）多样性丧失的主要原因是过度养殖、过度打草和耙捞作业，以及由此导致的湖水透明度的大幅度下降。（5）多样性恢复的有效途径是政府部门的行政干预与经济支持。

关键词：水生植物；物种多样性；群落多样性
中图分类号：Q 948　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**0253－2700(2003)02－0173－08

Aquatic Plant Diversity and Its Changes in Changhu Lake of Hubei Province in China

PENG Ying-Hui[1]，JIAN Yong-Xing[2]，NI Le-Yi[3]，WANG Jian-Bo[2]，CHEN Jia-Kuan[4]
（1 *College of Life Sciences and Biological Technique*，*Central South Forestry University*，Changsha 410004，China；
2 *College of Life Sciences*，*Wuhan University*，Wuhan 430072，China；
3 *Institute of Hydrobiology*，*Chinese Academy of Sciences*，Wuhan 430072，China；
4 *Institute of Biodiversity Science*，*Fudan University*，Shanghai 200433，China）

Abstract：Both the present state and long-term changes of aquatic plant diversity in Changhu Lake，the third largest lake of Hubei Province in China，were studied in the paper. The reasons for the diversity loss and effective approaches to restore the degraded aquatic plant diversity and lake ecosystem were discussed.

---

* **基金项目：**中国科学院知识创新重大项目（编号 KZCX1－SW－01）和国家自然科学基金重大项目（编号：39893360）资助
收稿日期：2002－10－09，2002－12－20 接受发表

作者简介：彭映辉（1964－）女，湖南省双峰县人，副教授。主要从事生物多样性与生态学研究工作。

The main results are given as follows：（1）It was recorded that 98 aquatic plant species distributed in the lake in 2001，of which *Potamogeton maackianus*，*Vallisneria denseserrulata*，*Trapa incisa*，*T. bispinosa*，*Potamogeton crispus*，*Spirodela polyrhiza*，*Myriophyllum spicatum*，*Hydrilla verticillata* and *Azolla imbricata* displayed the highest abundance；（2）The aquatic vegetation in the lake could be divided into 14 associations. It was found that *Euryale ferox* + *Trapa incisa* + *T. bispinosa* Ass. possessed the highest species diversity indices（$D = 0.7224$，$H = 2.3416$），that *Hydrilla verticillata* + *Vallisneria denseserrulata* + *Najas marina* Ass. and *Potamogeton malaianus* + *Myriophyllum spicatum* Ass. displayed the second and third highest indices，respectively（$D = 0.7202$，$H = 2.0234$；$D = 0.7186$，$H = 1.9122$）；（3）In the last 20 years a heavy loss of the diversity occurred：Six aquatic plant species and seven aquatic plant associations disappeared from the lake. The vegetation coverage dwindled by 54.85% and the mean biomass per square meter in the whole lake decreased by 69.78%；（4）It could be concluded that it was violent human disturbance，such as overbreeding aquatics，excessive harvest of water grass，dragging for mussels and spiral shells，that led the diversity loss in the lake；（5）It was considered that the goal for restoration of the degraded aquatic plant diversity and lake ecosystem could not be realized without sufficient participation of the government in fund and administration.

Key words：Aquatic plants；Species diversity；Community diversity

长湖位于湖北省江汉湖群，是湖北省第三大湖泊，常年中水位面积为 129.1 km^2。长湖为浅水草型湖泊，湖底平坦，底泥肥沃，担负着调蓄、养殖、饮水与航运等多种功能，发挥着重要的生态效益与经济效益。至 20 世纪 80 年代中期，长湖丰富的水生植物多样性尚保存较好，但随着人为干扰的日益加剧（围网养殖、耙蚌劳作等），长湖水生植物多样性所受破坏日趋严重，致使湖水透明度逐渐降低、水质恶化、水产资源逐渐枯竭、水产品质量下降、特种养殖无法开展，既威胁到水产业的可持续发展，又影响沿湖居民的日常生活。因此，保护长湖水生植物多样性成了当地政府所面临的紧迫任务。本文旨在研究长湖水生植物多样性的现状与变化，为长湖水生植物多样性的监测、保护与合理利用提供依据。

1 研究方法

1.1 研究地点的自然概况

长湖位于湖北省荆门市，地理坐标为 N 30°22′ ~ 30°30′，E 112°17′ ~ 112°30′，属亚热带湿热季风气候，四季交替明显；年平均气温 16℃，极端最高气温与极端最低气温分别是 40℃和 − 14℃，年无霜期 255 d。

1.2 水生植物物种多样性的研究方法

从 1999 年 1 月 ~ 2001 年 11 月，在长湖采集水生植物标本、鉴别种类，以 Cook（1990）的水生植物概念划定水生植物范畴。调查过程中记录各种类个体数目相对多少的情况，其相对个体数目多少采用布朗 − 布朗喀（Braun-Blanquet）的多度等级划分标准（云南大学生物系，1982）：

5：非常多（extra-abundant）
4：多（abundant）
3：较多（common）
2：较少（few）
1：少（occasional）
+：极少（rare）

1.3 水生植物群落多样性的研究方法

1.3.1 **群丛类型的命名** 为了提高不同时期群丛类型多样性的可比性，本研究采用优势种原则对群丛类型进行命名，这种方法与长湖管理处 1981 年及冯灿等（1989）研究长湖水生植物多样性时采用的命名方法一致，即以各群丛优势种的名称作为该群丛的名称：按各优势种在群丛中所处层次的高低，将各优势种的名称自上而下地排列，同一层次的优势种之间用“ + ”号联结，不同层次的优势种之间用“ − ”号

联结。

1.3.2　**群落物种多样性指数的研究方法**　每一群丛类型设 6 个 2 m×2 m 的样方，记数样方内各植物种类的个体数（n_i）与全部种类的个体总数（N），非克隆繁殖的种类按植物株数计算个体数，克隆繁殖的种类按无性系小株计算个体数。然后计算群落物种多样性指数，同时计算 Simpson 物种多样性指数和 Shannon-Wiener 物种多样性指数，以便相互验证，计算公式分别为 $D = 1 - \Sigma p_i^2$，$H = 3.3219(\lg N - \Sigma n_i \lg n_i / N)$（钱迎倩等，1994；王伯荪，1987；Krebs，1978，Magurran，1988），式中 P_i 是第 i 物种第一次被抽中的概率（$P_i = n_i/N$），n_i 是样方内第 i 物种的个体数目，N 是样方内的全部物种个体总数。

1.3.3　**植被分布面积与覆盖率的求算方法**　首先结合 1∶50 000 的湖泊地形图，采用断面法进行调查、采集，所设断面与采样点的分布见图 1（共 27 个采集断面和 108 个采样点），调查采样过程中用手持式“Garmin－12C GPS”（精度 15 m）定位，并记录坐标，依据所获得的各群丛边界坐标，描绘水生植被图；然后使用地理信息系统软件求算各群丛的分布面积：首先用绘图软件 Coreldraw 将所得植被图矢量化，并勾绘群丛边界线条→在 GIS 软件 ARC/INFO 的支持下进行图形编辑（包括图斑封闭与改错）→在 GIS 软件 ARC/INFO 的支持下建立拓扑关系，生成 Pat 表→在 Pat 表中量算各类型群丛斑块所占该植被图的百分比→求算各群丛的实际分布面积；最后求各群丛的分布面积之和，便得该湖泊的总植被面积。将总植被面积除以该湖泊总面积便得全湖植被覆盖率。

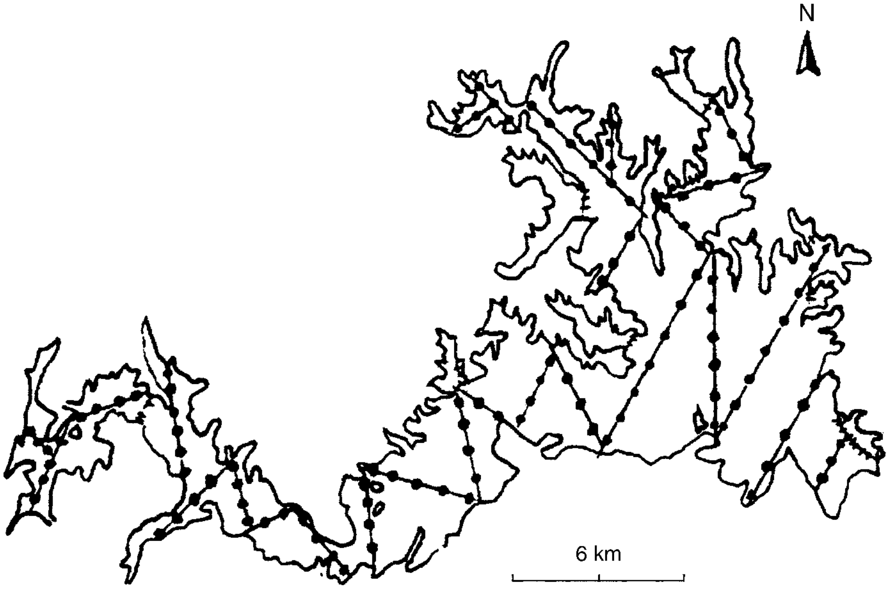

图 1　长湖水生植被采集断面与采样点分布示意图（1999～2001 年）

Fig. 1　Sketch of transects and sampling points for aquatic vegetation investigation in Changhu Lake（1999－2001）

1.3.4　**生物量的研究方法**　采用断面法，先求各群丛的单位面积生物量，结合上述方法所得的各群丛斑块分布面积，求算各群丛的生物量，各群丛生物量之和为全湖水生植被总生物量，总生物量除以湖泊总面积既得全湖平均单位面积生物量。采集调查方法的具体步骤是：首先根据长湖的具体情况设置采集断面（27 个），每一断面各设一定数目的采样点（共 108 个，图 1），同时根据需要增设若干无规则断面以确定群丛类型的边界；对浮水植物群丛和沉水植物群丛，于每一采样点用样方面积为 0.32 m×0.52 m 的加重带网铁夹，在方圆 500 m^2 的范围内随机采草 6 次，将样方内的植株连根拔起，称量样方内所有植株的总生物量（鲜重），然后计算单位面积生物量；而对于湿生植物群丛和挺水植物群丛，在每一采样点

于方圆 500 m^2 的范围内随机设置 6 个 2 m × 2 m 的样方，称量样方内所有植物地上部分的总生物量（鲜重），再计算单位面积生物量。整个调查过程均采用“Garmin 12C GPS”定位，并记录不同群丛类型边界的坐标，用于在 GIS 中确立各群丛斑块的边界。

2 研究结果

2.1 长湖水生植物多样性的现状

表 1 长湖水生植物物种多样性（2001 年）

Table 1 Species diversity of aquatic plant in Changhu Lake（2001）

	种类 Species	A		种类 Species	A		种类 Species	A
1	Marsileaceae			*Myriophyllum spicatum*	5		*Ottelia alismoides*	1
	Marsilea quadrifolia	2		*M. verticillatum*	2	28	Poaceae	
2	Salviniaceae		15	Umbelliferae			*Zizania latifolia*	2
	Salvinia natans	3		*Oenanthe japanica*	1		*Phragmites communis*	1
3	Azollaceae		16	Primulaceae			*Miscanthus sacchariflorus*	1
	Azolla imbricata	5		*Lysimachia candida*	1		*Phalaris arundinacea*	3
4	Polygonaceae		17	Gentianaceae			*Beckmannia syzigachne*	1
	Polygonum caespitosum	1		*Nymphoides peltatum*	+		*Alopecurus aequalis*	3
	P. amphibium	+	18	Scrophulariaceae			*A. japonicus*	2
	P. hydropiper	2		*Veronica undulata*	+		*Echinochloa crusgalli*	2
	P. orientale	2		*Lymnophila sessiliflora*	1		*E. crusgalli* var. *zelayensis*	1
	P. minus	1		*Mazus japonicus*	4		*E. colonum*	3
	P. lapathifolium	+	19	Pedaliaceae			*Paspalum distichum*	3
	P. plebeium	1		*Trapella sinensis*	+		*Leersia hexandra*	4
	Rumex japonicus	1	20	Lentibulariaceae			*Isachne globosa*	3
	R. maritimus	+		*Utricularia aurea*	3	29	Cyperaceae	
	R. acetosa	2		*U. minor*	2		*Scirpus yagara*	4
5	Amaranthaceae			*U. vulgaris*	3		*S. triqueter*	1
	Alternanthera sessilis	+	21	Campanulaceae			*S. triangulatus*	+
	A. philoxeroides	4		*Lobelia chinensis*	4		*Eeleochari yokoscensis*	3
6	Nymphaeaceae		22	Compositae			*E. tuberosa*	2
	Nelumbo nucifera	1		*Eclipta prostrata*	2		*E. valleculosa*	4
	Euryale ferox	3		*Artemisia selengensis*	3		*F. henryi*	1
7	Ceratophyllaceae			*Lapsana apogonoides*	3		*F. hookeriana*	1
	Ceratophyllum demersum	3		*Kalimeris indica*	2		*Juncellus serotinus*	1
	C. demersum L. var. *quadrispinum*	4	23	Typhaceae			*Cyperus difformis*	+
8	Ranunculaceae			*Typha angustifolia*	+		*Carex unisexualis*	2
	Runucunus sieboldii	1	24	Potamogetonaceae			*C. lehmanii*	+
	R. sceleratus	+		*Potamogeton crispus*	5		*C. cinerascens*	1
	R. chinensis	1		*P. distinctus*	1	30	Lemnaceae	
9	Cruciferae			*P. malaianus*	4		*Lemna minor*	4
	Cardamine lyrata	2		*P. pectinatus*	1		*Spirodela polyrhiza*	5
10	Leguminosae			*P. maackianus*	5		*Wolffia arrhiza*	3
	Aeschynomene indica	+	25	Najadceae		31	Commelinaceae	
11	Callitrichaceae			*Najas marina*	4		*Murdannia triquetra*	1
	Callitriche stagnalis	1		*N. minor*	4	32	Araceae	
	C. palustris	1	26	Alismataceae			*Acorus calamus*	+
12	Trapaceae			*Sagittaria trifolia*	+		*Colocasia esculenta*	+
	Trapa bispinosa	5		*S. trifolia* var. *longiloba*	+	33	Pontederiaceae	
	T. incisa	5	27	Hydrocharitaceae			*Monochoria korsakowii*	+
	T. acornis	+		*Hydrilla verticillata*	5		*M. vaginalis*	2
13	Onagraceae			*Vallisneria natans*	3		*Eichhornia crassipes*	2
	Jussiaea repens	1		*V. denseserrulata*	5	34	Juncaceae	
	Ludwigia prostrata	2		*V. spinulosa*	3		*Juncus effuses*	+
14	Haloragidaceae			*Hydrochairs dubia*	1		*J. setchuesis*	1

注（Note）：A：多度（abundance）

2.1.1　水生植物物种多样性　2001 年长湖分布有水生植物 34 科、62 属、98 种、3 变种，其中莎草科（Cyperaceae）15 种、禾本科（Poaceae）13 种、蓼科（Polygonaceae）10 种，包含种数明显多于其它科；优势种为密齿苦草（*Vallisneria denseserrulata*）、菹草（*Potamogeton crispus*）、微齿眼子菜（*Potamogeton maackianus*）、野菱（*Trapa incisa*）、双角菱（*T. bispinosa*）、穗花狐尾藻（*Myriophyllum spicatum*）、金鱼藻（*Ceratophyllum demersum*）、竹叶眼子菜（*Potamogeton malaianus*）、轮叶黑藻（*Hydrilla verticillata*）；多度最高的是微齿眼子菜、密齿苦草、野菱、双角菱、菹草、紫萍（*Spirodela polyrhiza*）、穗花狐尾藻、轮叶黑藻、满江红（*Azolla imbricata*）、牛毛毡（*Eeleochari yokoscensis*），其次是大茨藻（*Najas marina*）、小茨藻（*N. minor*）、浮萍（*Lemna minor*）、通泉草（*Mazus japonicus*）、五刺金鱼藻（*C. demersum* var. *quadrispinum*）、喜旱莲子草（*Alternanthera philoxeroides*）、荆三棱（*Scirpus yagara*）、李氏禾（*Leersia hexandra*）、针蔺（*Eeleochari valleculosa*）（表 1）。

2.1.2　群丛类型多样性　2001 年长湖分布有水生植物群丛类型 14 个，其中湿生植物群丛类型 2 个、挺水植物群丛类型 1 个、浮水植物群丛类型 2 个、沉水植物群丛类型 9 个（表 2），各群丛的分布情况见图 2。分布面积较大的依次是密齿苦草群丛、穗花狐尾藻群丛、菹草群丛、微齿眼子菜群丛和野菱＋双角菱群丛。

表 2　长湖水生植物群落多样性（平均值 ± 标准差；2001 年）

Table 2　Community diversity of aquatic plant in Changhu Lake（Mean ± S.E.；2001）

群丛类型 Association type	D	H	C	B
1 芦苇群丛 *Phragmites communis* Ass.	0.5966 ± 0.0872	1.8741 ± 0.1657	68.7 ± 7.6	6033.8 ± 570.3
2 荻群丛 *Miscanthus sacchariflorus* Ass.	0.5533 ± 0.0774	1.5616 ± 0.1496	75.4 ± 13.9	6941.5 ± 764.7
3 莲群丛 *Nelumbo nucifera* Ass.	0.6735 ± 0.1022	1.9861 ± 0.1943	100.0 ± 0	1131.8 ± 66.4
4 芡实＋野菱＋双角菱群丛 *Euryale ferox* + *Trapa incisa* + *T. bispinosa* Ass.	0.7543 ± 0.1208	2.4562 ± 0.2355	95.6 ± 3.2	2376.0 ± 173.3
5 野菱＋双角菱群丛 *Trapa incisa* + *T. bispinosa* Ass.	0.6635 ± 0.1106	1.9488 ± 0.2157	92.2 ± 2.3	2199.1 ± 237.7
6 微齿眼子菜群丛 *Potamogeton maackianus* Ass.	0.2368 ± 0.0563	0.7946 ± 0.1011	99.0 ± 1.0	5241.6 ± 551.3
7 微齿眼子菜＋竹叶眼子菜＋穗花狐尾藻群丛 *Potamogeton maackianus* + *P. malaianus* + *Myriophyllum spicatum* Ass.	0.3962 ± 0.0877	1.2041 ± 0.1712	88.35 ± 7.9	3758.1 ± 328.5
8 微齿眼子菜＋轮叶黑藻＋大茨藻群丛 *Potamogeton maackianus* + *Hydrilla verticillata* + *Najas marina* Ass.	0.5147 ± 0.0842	1.6004 ± 0.1789	97.4 ± 2.2	6335.9 ± 613.8
9 穗花狐尾藻群丛 *Myriophyllum spicatum* Ass.	0.6982 ± 0.1284	1.8984 ± 0.2445	18.6 ± 8.7	1527.5 ± 206.4
10 竹叶眼子菜＋穗花狐尾藻群丛 *P. malaianus* + *Myriophyllum spicatum* Ass.	0.7342 ± 0.1336	1.9862 ± 0.2581	40.8 ± 7.7	2230.6 ± 235.2
11 轮叶黑藻群丛 *Hydrilla verticillata* Ass.	0.6557 ± 0.1053	1.8906 ± 0.2101	97.3 ± 2.2	3646.1 ± 1084.4
12 轮叶黑藻＋密齿苦草＋大茨藻群丛 *Hydrilla verticillata* + *Vallisneria denseserrulata* + *Najas marina* Ass.	0.7437 ± 0.1339	2.1945 ± 0.2643	93.0 ± 8.3	4384.9 ± 574.1
13 密齿苦草群丛 *Vallisneria denseserrulata* Ass	0.3106 ± 0.0655	1.1485 ± 0.1322	51.2 ± 9.3	1737.4 ± 583.1
14 菹草群丛 *Potamogeton crispus* Ass.	0.3944 ± 0.0953	1.1206 ± 0.1781	33.5 ± 10.7	1644.7 ± 494.5

注（Note）：表中数据调查时间：菹草群丛是 2001 年 5 月 15 日，其他群丛为 2001 年 7 月 22 日（Investigation dates—— *Potamogeton crispus* Ass.：May 15，2001；the other associations：Jul. 22，2001）。D：Simpson 指数（Simpson Index）H：Shannon-Wiener 指数（Shannon-Wiener Index）C：盖度（Coverage）B：单位面积生物量（鲜重）（Biomass per square meter，fresh weight）

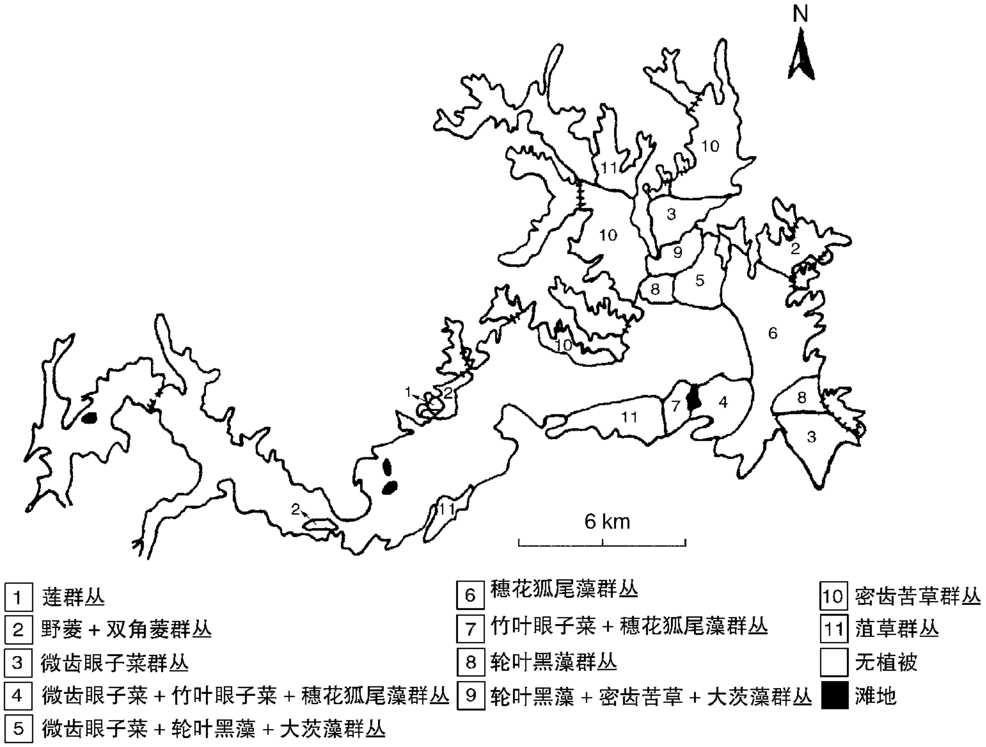

图2 长湖水生植被图（2001年）

Fig. 2 Aquatic vegetation sketch of Changhu Lake（2001）

2.1.3 **群落物种多样性指数** 不管是Simpson多样性指数还是Shannon-Wiener多样性指数，均是以芡实+野菱+双角菱群丛的最高，其次是轮叶黑藻+密齿苦草+大茨藻群丛与竹叶眼子菜+穗花狐尾藻群丛，以微齿眼子菜群丛的多样性指数最小（表2）。

2.1.4 **群落盖度与生物量** 盖度最高的是莲群丛，其次是微齿眼子菜群丛、微齿眼子菜+轮叶黑藻+大茨藻群丛、轮叶黑藻群丛、野菱+双角菱群丛、芡实+野菱+双角菱群丛、轮叶黑藻+密齿苦草+大茨藻群丛。生物量最高的是荻群丛，其次是微齿眼子菜+轮叶黑藻+大茨藻群丛、芦苇群丛、微齿眼子菜群丛、微齿眼子菜+竹叶眼子菜+穗花狐尾藻群丛、轮叶黑藻群丛（表2）。

2.2 长湖水生植物多样性的变化

2.2.1 **物种多样性的变化** 据本次研究结果，结合长湖管理处1981年的内部资料及冯灿等1989年研究的记载，20年来长湖已有6种水生植物消失，它们分别为：睡莲、金银莲花、小眼子菜、乌菱、格菱、细果野菱。同时，不少种类如红菱、荇菜、菰、水车前、莲、芡实等的分布区已极大地缩小。

2.2.2 **群落多样性的变化** 20年来，水生植物群落多样性严重丧失，先后有7个群丛类型消失，分别为：菰群丛、菰—荇菜—竹叶眼子菜群丛、荇菜群丛、荇菜—菹草+穗花狐尾藻群丛、红菱群丛、竹叶眼子菜群丛、金鱼藻+轮叶黑藻群丛；面积丧失最严重的是挺水植

被与浮水植被；此外，水生植被覆盖率与生物量分别降低了 54.85%和 69.78%。

3　讨论

3.1　导致水生植物多样性丧失的原因

研究结果表明，20 年来长湖水生植物多样性已严重丧失：种类分布区缩小、植被覆盖率下降、群落结构简化、生物量降低，已有 6 种水生植物与 7 个水生植物群丛类型从长湖消失。导致多样性丧失的原因包括以下几方面：其一是养殖强度的提高。20 世纪 80 年代末，长湖围网养殖大发展，在湖内建立了多个圈养区，圈养区内鱼类放养量极大，由于草食性鱼类的直接过度啃食，以及各种鱼类的强烈机械活动，圈养区一两年内就变成次生裸地，这种机械活动还将水生植物的地下茎掘出水面，使水生植物无法繁衍（大多数水生植物的种子萌发率很低，主要靠地下茎进行繁殖）；其二是湖水透明度的下降。随着渔民作业强度与放养量的逐年增大，湖水透明度极大降低，水下光线严重不足，阻碍水生植物的光合作用，使其无法生存；其三是水草收获强度的提高。20 年来，因长湖临近水体鱼类养殖的不断发展，常可见成百上千机动打草船只在湖中掠夺式地收获水草，如频繁的割取菰叶（用作草食性鱼类的食物）使菰无法正常生长，从而导致了菰群丛分布面积逐渐缩小，最终消失，同时高强度的水草收获严重碎断了不少水生植物赖以繁殖的地下茎；其四是耙捞作业强度的提高。机动船只成天在圈养区内外耙捞蚌类、螺类、捕鱼等，在枯水季节或丰水季节的浅水区，其高速运转的涡轮常将底泥搅起，破坏了水生植物的地下茎，同时频繁的活动使地上茎支离破碎，这种耙捞作业对浮水植物荇菜的破坏尤其突出，这是荇菜群丛和以荇菜为主要优势种的群丛彻底消失的主要原因，耙捞作业也使湖水常年浑浊、透明度低，使水生植物生长不良，不能开花结实，甚至难以产生休眠芽（无性繁殖体），严重阻碍了水生植物的繁衍。

3.2　多样性保护有效途径的探讨

中国淡水湖泊水生植物多样性已普遍衰退（简永兴等，2001；2002），不少湖泊如湖北省武山湖水生植被已彻底消失。长湖也不例外，水生植物多样性大幅度丧失的同时，水生生态系统已严重恶化，具体表现在：初级生产者严重缺乏、动物多样性普遍丧失、水产品种资源枯竭、水产品质量下降、水质严重恶化、水生生态系统的美学价值急剧降低，湖泊供、养、蓄间的矛盾日趋尖锐，既严重影响了水产业的可持续发展、又威胁到周围居民的日常生活，因此水生植物多样性的恢复与保护迫在眉睫。笔者认为，政府部门是决定多样性的恢复与保护能否成功的关键，同时多样性的恢复与保护也是政府部门不可推卸的责任。政府应首先拨出专项金费，用于这项工作所必需的科研立项；同时应制定有关保护水生植物多样性的法规，法规中应包括惩治与奖励条款；政府还应在恢复工作的早期给予沿湖渔民一定的经济补偿，以达到有效控制养殖、捕捞、打草强度的目的。

恢复与保护的成功也离不开科学工作者的研究。生态学家应将多样性的恢复与保护研究作为一项系统工程，制定完整的研究计划和实施方案，研究计划中必须包括有关对多样性进行监测的内容，因为监测是保护的基础（Heywood，1995），有必要进一步探讨水生植被恢复的理论与方法，由于国内这方面的研究尚不多，且主要是围绕高度污染与高度富营养化的武汉东湖进行的（严国安等，1995；马剑敏等，1997；倪学敏等，1995）；恢复过程中宜采取植被恢复的物种多样性途径，即尽可能增加水生植物群落植物种类的数目、同

时注意各层片的种类搭配（并适时引入多种水产养殖种类），特别应注意浮水植物与挺水植物的种类搭配，以增强湖泊生态系统的美学享受。可在长湖划出若干圈养区与水生植物保护区，圈养区与保护区均可设多个，二者应镶嵌排列；或各设一个，圈养区在内、保护区在四周。水生植物的地下茎繁殖力强、不少种类如菹草能产生大量易于萌发的休眠芽（陈洪达，1985；简永兴等，2001；Sastroutomo，1980）、且少数种类的种子（如苦草）在自然状况下具较高的萌发率，因此在水底裸露区域可采取移植地下茎、播种休眠芽或种子的方法引种水生植物，同时，应将生态系统的恢复与发展特种养殖相结合，以达到改变长湖目前水产品种单一现状的目的，同时提高经济效益、提高渔民对保护的积极性。

〔参考文献〕

云南大学生物系主编，1982. 植物生态学［M］. 北京：人民教育出版社，188

王伯荪主编，1987. 植物群落学［M］. 北京：高等教育出版社，49

倪学敏，陈路，周远捷等，1995. 东湖水生植被恢复与调控技术研究. 见：陈宜瑜主编. 中国湿地研究［M］. 长春：吉林科学技术出版社，217—221

钱迎倩，马克平，韩兴国主编，1994. 生物多样性研究的原理与方法［M］. 北京：中国科学技术出版社，148—152

Chen HD（陈洪达），1985. Life history，biomass and cut-branch propagation of *Potamogeton crispus* L［J］. *Acta Hydrobiol Sin*（水生生物学报），**9**（1）：32—39

Cook CDK，1990. Aquatic Plant Book［M］. The Hague，the Netherlands：SPB Academic Publishing

Feng C（冯灿），Wang XL（王学雷），Wang ZX（王增学），*et al*，1989. Studies on the communities of aquatic vascular plants in Changhu Lake［J］. *J Wuhan Bot Res*（武汉植物学研究），**7**（2）：123—130

Heywood VH & Watson RT，1995. Global Biodiversity Assessment［M］. Cambridge：Cambrige University Press

Jian YX（简永兴），Wang JB（王建波），He GQ（何国庆），*et al*，2001. A comparative study of aquatic plant diversity of Haikou，Taibai and Wushan lake in Hubei Province of China［J］. *Acta Ecol Sin*（生态学报），**21**（11）：1815—1824

Jian YX（简永兴），Wang JB（王建波），He GQ（何国庆），*et al*，2001. Effects of water-depth gradients，matrices，light and removal of plantlets on germination of turions of *Potamogeton crispus* L［J］. *Acta Hydrobiol Sin*（水生生物学报），**25**（3）：224—229

Jian YX（简永兴），Wang JB（王建波），He GQ（何国庆），*et al*，2002. A comparative study on aquatic plant diversity and its long-term changes in the three lakes of Dongtinghu District in China［J］. *Acta Hydrobiol Sin*（水生生物学报），**26**（2）：160—167

Krebs C，1978. Ecology：The Experimental Analysis of Distributions and Abundance（2 nd ed）. New York：Harper & Row Publishers

Ma JM（马剑敏），Yan GA（严国安），Ren N（任南），1997. Restoration and structural optimization of aquatic vegetation in enclosure and fence in East Lake of Wuhan［J］. *Chin J Appl Ecol*（应用生态学报），**8**（5）：535—540

Magurran AE，1988. Ecological Diversity and Its Measurement［M］. New Jersey：Princeton University Press

Sastroutomo SS，1980. Environmental control of turion formation in curly pondweed（Potamogeton crispus）［J］. *Physiologica Planta*，**49**：261—264

Yan GA（严国安），Ren B（任南），Ma JM（马剑敏），*et al*，1995. Study on aquatic vegetation and its restoration in East Lake，Wuhan［J］. *Journal of Plant Resource and Environment*（植物资源与环境），**4**（3）：21—27